



TITLE:

# 電導性流体の振動流に対する磁場の影響( Abstract\_要旨 )

AUTHOR(S):

角谷, 典彦

---

CITATION:

角谷, 典彦. 電導性流体の振動流に対する磁場の影響. 京都大学, 1961, 理学博士

ISSUE DATE:

1961-03-23

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/210771>

RIGHT:

氏 名	角 谷 典 彦 かく たに つね ひこ
学 位 の 種 類	理 学 博 士
学 位 記 番 号	論 理 博 第 6 号
学位授与の日付	昭 和 36 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学位規則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	電 導 性 流 体 の 振 動 流 に 対 す る 磁 場 の 影 響
	(主 査)
論文調査委員	教 授 友 近 晋 教 授 高 橋 勲 教 授 小 林 稔

### 論 文 内 容 の 要 旨

電磁流体力学は、物理学の新しい研究分野の一つであって、それ自身興味があるばかりでなく、地球物理学・天体物理学・宇宙空間の科学・プラズマ力学等への応用に関連してきわめて重要であるから、とくに最近多くの研究者の関心を集めている研究分野である。

電気伝導性を有する非圧縮性粘性流体の運動を支配する基礎方程式（すなわち、修正された Navier-Stokes の運動方程式と Maxwell の電磁方程式）は1950年 G.K. Batchelor によって確立されたのであるが、具体的な問題についてこれを厳密に解くことはきわめてむずかしく、現在までのところ少数の場合について厳密解が得られているにすぎない。著者角谷典彦は、主論文において、振動平板によって起こされる電導性粘性流体の流れに対する横方向の磁場の影響を取り扱い、数少ない厳密解の一つを求めることに成功したのである。

第1部においては、平板が電気の不導体である場合を取り扱っている。周知のように、電導性粘性流体の流れの模様は、Reynolds 数  $R$ ・磁気 Reynolds 数  $R_m$ ・磁気圧力数  $S$  のようなパラメーターの値によって異なるのであるが、著者は電磁流体力学の基礎方程式の厳密な一般解をまず求め、つぎに磁気圧力数  $S$  および磁気 Reynolds 数  $R_m$  がそれぞれ1にくらべてじゅうぶん小さい場合およびじゅうぶん大きい場合に、流速分布・磁場の分布や圧力・電場・電流密度のような諸量がどのようになるかを詳しくしらべた。そして、電導性をもたない普通の粘性流体の場合とは異なり、流速分布や他の諸量が二つの異なる振動から成ることを明らかにした。

第2部においては、第1部におけると同様な研究を、平板が導体である場合について遂行している。すなわち、まず  $R$ ,  $R_m$ ,  $S$  がいずれも任意の値をとる場合の厳密解を求め、つぎに電磁流体的効果を明らかにするために、 $R$  と  $R_m$  は有限であるが  $S \ll 1$  であるか  $S \gg 1$  である場合、および  $S$  と  $R$  は有限であるが  $R_m \ll 1$  であるか  $R_m \gg 1$  である場合、つまり合計四つの極限の場合をしらべ、さらに電磁流体力学においてしばしば用いられている電磁的 Stokes 近似（すなわち、 $R_m \ll 1$ ,  $SR_m = \text{有限}$  のような近似）に

対応する興味深い特別な場合を詳しくしらべた。

つぎに、著者は平板が非電導体および電導体である場合について平板の受ける抗力を計算し、いずれの場合においても、 $R$ ,  $R_m$  および  $S$  の値のいかんにかかわらず、普通の流体力学の場合にくらべ、全抗力（剪断応力による抗力と Maxwell 応力による抗力との和）の振幅は常に増加し、また全抗力の初期位相は常に遅れることを見出している。

参考論文その 1～その 3 の 3 編は、いずれも電磁流体力学に関する研究である。その 1 は、一様な磁場内に置かれた柱状体を過ぎる電導性粘性流体の二次元流れを Stokes 近似で一般に取り扱ったもので、とくに物体が円柱である場合、磁場が一様流に平行および垂直であるような二つの場合について詳しい計算を遂行し、いずれの場合に対しても、円柱の受ける抗力の Hartmann 数についての展開式を求めている。その 2 は、電導性粘性流体の三次元軸対称よどみ点流れに対する磁場の影響を、磁気 Reynolds 数  $R_m$  が小さいとして論じたものであるが、このような流れは、イオン化している空気中を極超音速で飛行する回転対称の物体の頭部近くの流れに対する一つの簡単なモデルとみなされるので興味がある。その 3 は、一様な吸い込みまたは吹き出しをもつ非電導性平面壁に沿って流れる電導性粘性流体の流れに対する磁場の影響を論じたもので、一様な吸い込みの場合でも磁気圧力数  $S$  が 1 より小さくない限り定常解は存在しないこと、および一様な吹き出しの場合には常に定常解が存在しないという興味ある結果を明示している。

参考論文その 4 は、二次元層流ジェットの安定性を微小攪乱の方法で研究したもので、 $\alpha$  を波数、 $R$  を Reynolds 数とすると、 $(\alpha, R)$  平面における中立安定曲線を、曲線の二つの異なる部分に対しては異なる方法をそれぞれ使って求めている。すなわち、曲線の上方部分 ( $\alpha, R$  の大きいところ) に対しては解を  $(\alpha R)^{-1}$  のべき級数に展開してしらべ、また曲線の下方部分 ( $\alpha, R$  の小さいところ) に対しては解を  $\alpha R$  のべき級数に展開してしらべたのであるが、このようにして中立安定曲線の漸近的性質を明らかにし、問題をほとんど最終的に解決することに成功したのである。

以上述べたように、著者角谷典彦は、主論文および参考論文 4 編のうちの 3 編において、電磁流体力学における重要かつ興味ある問題を解決し、電磁流体力学の発展に寄与貢献した。また、参考論文の残り 1 編においては、層流安定論における一つの重要問題をみごとに解決し、流体力学に貴重な知見を加えた。主論文・参考論文を通じ、著者角谷典彦が流体力学に関する豊富な知識とじゅうぶんな研究能力をもっていることをうかがうことができる。

## 論文審査の結果の要旨

電磁流体力学は、物理学の新しい研究分野の一つであって、地球物理学・天体物理学・宇宙空間の科学・プラズマ力学等への応用に関連して、とくに最近多くの研究者の関心を集めている研究分野である。しかし、電導性粘性流体の運動を支配する基礎方程式（すなわち、修正された Navier-Stokes の運動方程式と Maxwell の電磁方程式）を厳密に解くことはきわめてむずかしいので、現在までのところごく少数の厳密解が得られているにすぎない。著者角谷典彦は、主論文において、振動平板によって起こされる電導性粘性流体の流れに対する磁場の影響を取り扱い、数少ない厳密解の一つを求めることに成功したのである。

主論文は 2 部からなり、第 1 部では振動平板が電気の不導体である場合を取り扱い、第 2 部ではこれが

導体である場合を論じている。一般に電導性粘性流体の流れ模様は、Reynolds 数  $R$ , 磁気 Reynolds 数  $R_m$  および磁気圧力数  $S$  の値によって異なるのであるが、著者はいずれの場合にも、電磁流体力学の基礎方程式の厳密な一般解をまず求め、 $S$  および  $R_m$  の値がそれぞれ 1 にくらべてじゅうぶん大きいか、あるいはじゅうぶん小さいという極限の場合を詳しくしらべ、流速および磁場の分布・圧力・電場・電流密度・平板受ける全抗力（剪断応力による抗力と Maxwell 応力による抗力との和）などが、普通の粘性流体の場合とくらべて、どのように変わるかを論じた。そして、(a) 電導性のない普通の粘性流体の場合とは異なり、いろいろな量が二つの異なる振動から成ること、(b)  $R$ ,  $R_m$ ,  $S$  の値のいかんにかかわらず、普通の粘性流体の場合にくらべて、全抗力の振幅は常に増加し、その初期位相は常に遅れること、等を見出している。

著者が主論文で求めているような厳密解は、境界層内の流れの研究に対してきわめて重要である。周知のように、境界層に関する問題は、いわゆる境界層近似を行なったとしても、なお一般にきわめて複雑であって、いくつかの簡単な場合を除き、厳密解は得られないからである。しかも、Reynolds 数  $R$  で規定される普通の粘性境界層と磁気 Reynolds 数  $R_m$  で規定される磁気境界層とは明らかに異なっており、したがって普通の流体力学で使われている境界層近似は、何らかの変形をしない限り、電磁流体力学の場合に対しては一般に適用することができないので、このような厳密解は、粘性境界層と磁気境界層の二重性その他の基本問題の解明に対してきわめて有用なのである。

参考論文その 1～その 3 の 3 編は、いずれも電磁流体力学に関する研究であって、その 1 では柱状体（とくに円柱）を過ぎる電導性粘性流体の二次元流れを Stokes 近似で取り扱っており、その 2 では電導性粘性流体の三次元軸対称よどみ点流れに対する磁場の影響を論じており、またその 3 では一様な吸い込みまたは吹き出しをもつ非電導性平面壁に沿って流れる電導性粘性流体の流れに対する磁場の影響を論じているが、いずれにおいてもきわめて有用な研究成果をあげている。その 4 は、二次元層流ジェットの安定性を微小攪乱の方法で研究したものであるが、このようなむずかしい問題をほとんど最終的に解決することに成功している。

要するに、角谷典彦は電磁流体力学および普通の流体力学に関するいくつかの重要かつ興味ある問題を解決して、これらの研究分野の発展に寄与貢献したのであって、流体力学についての豊富な知識とすぐれた研究能力とを有することが認められる。

よって、本論文は理学博士の学位論文として価値あるものと認める。

#### 〔主論文公表誌〕

第 1 部 Journal of the Physical Society of Japan, Vol.13 (1958), No.12

第 2 部 Journal of the Physical Society of Japan, Vol.15 (1960), No.7

#### 〔参 考 論 文〕

1. Two-dimensional Stokes Flow of an Electrically Conducting Fluid in a Uniform Magnetic Field  
(一様な磁場中における電導性流体の二次元ストークス流れ)

(吉信宏夫と共著)

公表誌 Journal of the Physical Society of Japan, Vol.14 (1959), No.10

2. Axially Symmetric Stagnation-point Flow of an Electrically Conducting Fluid under Transverse Magnetic Field

(垂直磁場中における電導性流体の軸対称よどみ点流れ)

公表誌 Journal of the Physical Society of Japan, Vol.15 (1960), No.4

3. Hydromagnetic Flow over a Plane Wall with Uniform Suction

(吸込みのある平面壁を過ぎる電磁流)

公表誌 Zeitschrift für angewandte Mathematik und Physik, Bd. 12 (1961), Fasc. 3

4. The Stability of a Two-dimensional Laminar Jet

(二次元層流ジェットの安定性)

(巽 友正と共著)

公表誌 Journal of Fluid Mechanics, Vol.4 (1958), Part 3